

Gleichgewicht und Stabilität

Martin Apolin

Arbeitsblätter zum Thema Gleichgewicht und Stabilität

Aufgabe 1: Abb. 1 zeigt einen Block und einen Eimer, die mit einem Seil über eine Rolle verbunden sind. Sie befinden sich in Ruhe. Welcher der Gegenstände ist schwerer, der Eimer oder der Block?

Aufgabe 2: Stell Dich so an die Wand, daß die Außenseite Deines rechten Fußes und die rechte Schulter die Wand berühren. Versuche nun, das linke Bein zu heben. Was passiert? Wieso passiert es?

Aufgabe 3: Stelle Dich mit dem Rücken an die Wand, so daß beide Fersen, Gesäß und Schultern die Wand berühren und laß Dir etwa 50 cm vor Deine Füße einen Gegenstand legen. Versuch nun, diesen Gegenstand aufzuheben, indem Du Dich vorbeugst, ohne daß Fersen und Gesäß den Kontakt zur Wand verlieren. Was passiert? Wieso passiert es?

Aufgabe 4: Wie weit kann man einen beliebigen Gegenstand über die Tischkante schieben, ohne daß er hinunterfällt? Formuliere die Antwort genau und verwende dabei den Begriff Körperschwerpunkt.

Aufgabe 5: Wie weit kann man einen beliebigen Gegenstand kippen (etwa auf einer schiefen Ebene), ohne daß er umfällt?

Aufgabe 6: Suche Dir zwei Partner und versucht, Euch wie Sumo-Ringer gegenseitig wegzudrücken. Durch welche Maßnahmen kannst Du Deine Stabilität vergrößern? Wie verändert sich die Stabilität, wenn Du einen Mitschüler trägst?

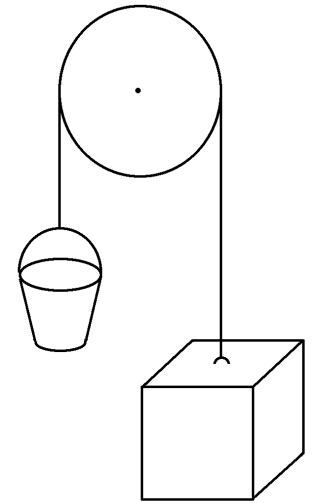


Abb. 1: Was ist schwerer: der Block oder der Eimer?

Die Frage in Aufgabe 1 wurde 400 australischen Studenten gestellt, und etwa 30% antworteten, daß der Block schwerer sei. Diejenigen, die meinten, daß der Block schwerer sei, haben sich durch dessen tiefere Lage täuschen lassen und dabei die Bedeutung des Begriffs "Gleichgewicht" außer acht gelassen. Da sich beide Gegenstände in Ruhe befinden, müssen sie auch im Gleichgewicht und demnach gleich schwer sein. Wäre dies nicht der Fall, würde sich die größere Masse nach unten bewegen. Der große Prozentsatz an falschen Antworten zeigt, daß der Begriff des Gleichgewichts kein selbstverständliches Wissen darstellt.

Gleichgewicht

Richtiges Balancieren – in Ruhe oder in Bewegung – ist für fast alle Sportbewegungen ein entscheidender Faktor. Alle Körperhaltungen und Körperbewegungen beinhalten Gleichgewichtsaspekte, sei es das Gehen oder Laufen, das Werfen, Hinsetzen oder Aufstehen. Es ist für die Analyse solcher Körperlagen wichtig, den Gleichgewichtszustand zu definieren und seinen Stabilitätsgrad zu kennen.

In der Mechanik kann man drei verschiedene Gleichgewichtsarten unterscheiden, das *stabile*, das *labile* und das *indifferente* Gleichgewicht.

Das stabile Gleichgewicht ist dadurch gekennzeichnet, daß bei geringer Abweichung des Körpers aus der Gleichgewichtslage

eine Rückkehr in die Ausgangslage erfolgt (Abb. 5 oben und Abb. 6a). Das stabile Gleichgewicht ist daher leicht zu halten bzw. es stellt sich von selbst ein.

Im labilen Gleichgewicht ruft eine geringe Abweichung eine noch größere Auslenkung hervor, so daß der Körper nicht mehr von selbst in die Ausgangslage gelangt (Abb. 5 Mitte und Abb. 6b). Das labile Gleichgewicht ist schwer zu halten, weil man ständig korrigieren muß, sobald das Lot des KSP außerhalb der Auflagefläche ist. Je kleiner die Standfläche (z.B. Seiltanzen, Einradfahren, auf den Zehenspitzen stehen,...), desto schwieriger ist das Gleichgewicht zu halten. Alle Maßnahmen, die die Standfläche vergrößern, vergrößern auch die Stabilität.

Beim indifferenten Gleichgewicht wird bei beliebigen Abweichungen das Gleichgewicht in jedem Fall beibehalten (Abb. 5 unten und Abb. 6c).

Man nennt die Fläche, die von den Berührungspunkten zwischen einem Körper und dem Boden begrenzt wird, Stützfläche. Befindet sich die senkrechte Projektion des Körperschwerpunktes (KSP) innerhalb dieser Stützfläche, so ist dieser Körper im stabilen Gleichgewicht (Abb. 7/8), und bei kleinen Auslenkungen kehrt der Körper in die Ausgangslage zurück. Wird der Körper so weit gekippt, daß das Lot des KSP nicht mehr durch die Stützfläche geht, so kippt der Körper um.

Die oben erklärten Gleichgewichtsaspekte gelten für starre Körper und sind daher nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragbar. Der menschliche Körper ist ein mehrgliedriges System, das die Fähigkeit besitzt, einer Störung des Gleichge-

Dr. Martin Apolin, BRG 17 Parhamerplatz, 1170 Wien, unterrichtet Turnen und Physik

Der Punkt eines Körpers, an dem die Schwerkraft angreift, heißt Körperschwerpunkt (KSP). Dieser Schwerpunkt eines Körpers verhält sich so, als ob die gesamte Masse in ihm vereinigt wäre. Bei einem Weitsprung oder Turmsprung z.B. beschreibt der KSP genau die Bahn einer Wurfparabel, egal, welche Arm- und Beinbewegungen man ausführt.

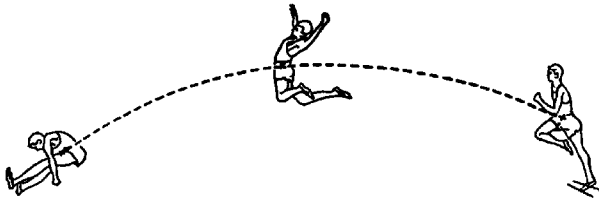


Abb. 2: Hangsprung mit eingezeichneter Flugbahn des KSP (aus DYSON 1977, S.23)

Bei einem geometrischen Körper ist der KSP sehr leicht durch Schnitt der Schwerlinien zu finden.

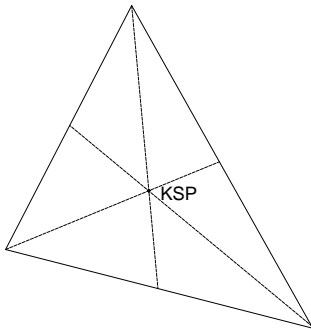


Abb. 3: Schwerpunkt eines Dreiecks durch Schneiden der Schwerlinien.

Beim menschlichen Körper ist der Schwerpunkt sehr schwer zu bestimmen und nur durch den Einsatz von komplizierten Computerprogrammen möglich. Außerdem verändert sich die Lage des KSP bei jeder Bewegung.

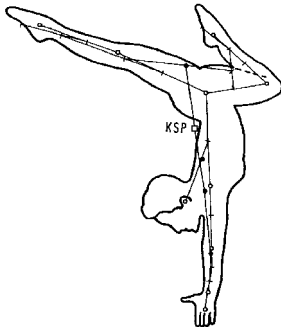


Abb. 4: Näherungsweise graphische Bestimmung des KSP (aus WILLIMCZIK 1989, S.36)

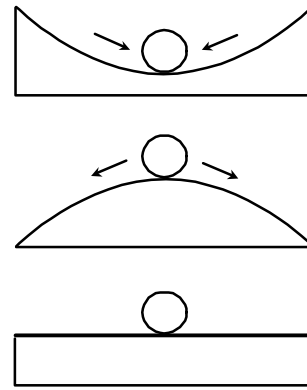


Abb. 5: oben: stabiles Gleichgewicht
Mittel: labiles Gleichgewicht
unten: indifferentes Gleichgewicht

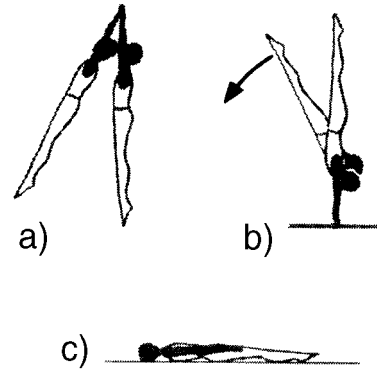


Abb. 6: Beispiele für Gleichgewichtsarten aus dem Sport (aus BÄUMLER/SCHNEIDER 1981, S.83)

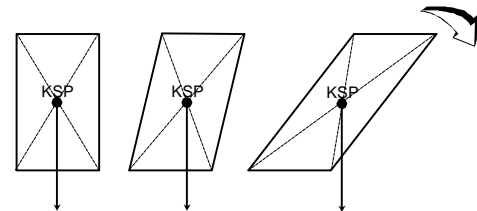


Abb. 7: Solange das Lot eines Körpers durch die Unterstütsfläche geht, kippt er nicht um.

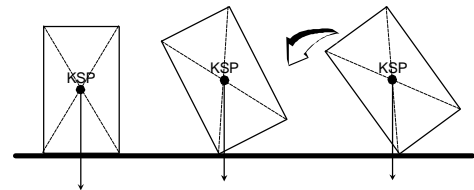


Abb. 8: wie Abb. 7, nur wurde der Gegenstand gekippt

wichts aktiv entgegenzuwirken, um die Lage zu behalten oder sie wiederherzustellen. Trotzdem können die Gesetzmäßigkeiten beim starren Körper auch für den menschlichen Körper von Interesse sein.

Aufgabe 7: Was bezeichnet man als KSP, und welche Eigenschaften besitzt dieser Punkt?

Aufgabe 8: Welche drei Arten des Gleichgewichts gibt es? Gib zu jeder Art ein oder mehrere Beispiele aus Alltag oder Sport an!

Stabilität

Bei Sportbewegungen sind oft Körperhaltungen erforderlich, in denen zwar der Gleichgewichtszustand aufrechterhalten wird, die sich aber hinsichtlich ihres Stabilitätsgrades unterscheiden. Ein Ringer in Verteidigungsstellung ist um hohe Stabilität bestrebt, ein Schwimmer am Start um geringe Stabilität bemüht, da er beim Start sein Gleichgewicht möglichst rasch aufheben möchte. Der Grad der Stabilität hängt von folgenden Faktoren ab (vgl. Aufgabe 6):

Größe der Stützfläche: Je größer die Stützfläche, desto größer die Stabilität (Abb. 9). Die Stützfläche bekommt man, wenn man eine imaginäre Gummischnur um alle Auflagepunkte spannt (siehe Abb. 11).

Eine Turnerin etwa, die auf den Zehenspitzen auf dem Schwebbalken steht, hat einen geringeren Stabilitätsgrad als beim Stand auf der ganzen Fußsohle (siehe Abb. 10). Ein Ausfallschritt bedeutet eine weitere Vergrößerung der Stabilität. Die Größe der Stützfläche kann auch durch technische Hilfsmittel, etwa einen Schistock, vergrößert werden.

Aus diesem Grund ist es einfacher, das Radfahren mit Stützrädern oder das Einradfahren mit nicht so stark aufgeblasenen Reifen zu erlernen, weil dann die Auflagefläche größer ist.

Höhe des KSP über der Stützfläche: Je größer die Höhe des KSP über der Stützfläche ist, desto geringer ist die Stabilität. Höhe und Stabilität sind daher indirekt proportional. Man kann somit die Stabilität umso mehr vergrößern, je tiefer man den KSP bringt, etwa indem man die Knie beugt oder sich zusammenkauert. Ein Judoka z.B. würde den Angriff des Gegners nie in aufrechter Haltung erwarten.

Horizontale Entfernung des KSP vom Rand der Stützfläche (s_E): Je größer s_E , desto größer ist die Stabilität. Beugt sich eine Person nach vorne, z.B. ein Läufer beim Start, so wird der KSP in horizontaler Richtung verschoben. Die Entfernung vom Rand der Stützfläche, die in die gewünschte Bewegungsrichtung zeigt, wird verkürzt (Abb. 14). Das hat in diesem Fall eine erwünschte Verringerung der Stabilität zur Folge; der Sprinter will ja möglichst rasch diese Stellung verlassen und in den Beschleunigungslauf übergehen.

Beugt sich ein Basketballspieler nach hinten, um aus dem Lauf zu stoppen, so werden damit s_E und die Stabilität vergrößert.

Körpergewicht: Je größer das Körpergewicht, desto größer ist die Stabilität. Bei gleicher Haltung hat also die Person mit dem größeren Gewicht den höheren Stabilitätsgrad. Das gilt daher für alle Kampfsportarten, bei denen allerdings das Körpergewicht aufgrund der Gewichtsklasseinteilung begrenzt ist. Von großer Bedeutung ist dieses Kriterium hingegen für das Sumo-Ringen, wo es keine Gewichtslimitierung gibt. Leichte Sumoringer scheinen also von vornherein nur wenig Chancen zu haben (manche Sumoringer haben fast 300 kg). Sumoringer sollten aus dem vorher genannten Grund auch nicht zu groß sein.

Aus den vier genannten Punkten lassen sich zwei für den Sport wichtige Kriterien ableiten: Um schnell in eine Richtung starten zu können (etwa beim Sprint oder beim Schwimmen), sollte sich u.a. der KSP möglichst hoch über der Stützfläche und möglichst nahe am Rand der Stützfläche in Bewegungsrichtung befinden. Beides verringert die Stabilität und erhöht dadurch die Möglichkeit des schnellen Reagierens (siehe Abb. 14). Um große Stabilität zu erreichen, sollte die Stützfläche groß und die Entfernung des KSP von der Stützfläche klein sein.

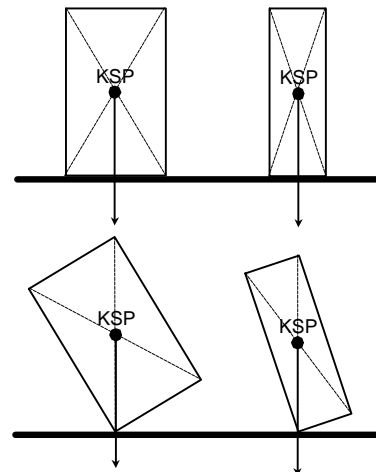


Abb. 9: Je größer die Stützfläche, desto weiter muß ich einen Gegenstand kippen, bevor er umfällt \Rightarrow Vergrößerung der Stützfläche bedeutet Vergrößerung der Stabilität.

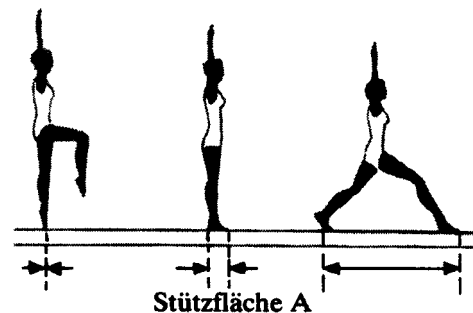


Abb. 10 (aus BÄUMLER/SCHNEIDER 1981, S.85)

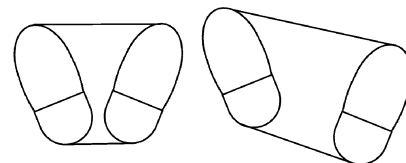


Abb. 11: Stützfläche bei enger und breiter Beinstellung

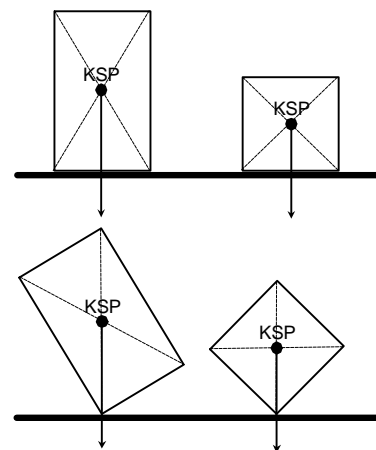


Abb. 12: Liegt bei einem Gegenstand der KSP tiefer, so muß er weiter gekippt werden, bevor er umfällt \Rightarrow Absenken des KSP bedeutet Vergrößerung der Stabilität.

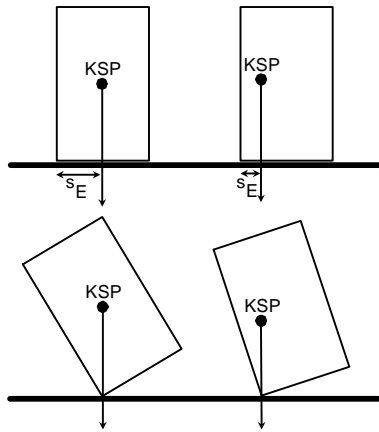


Abb. 13: Je geringer der horizontale Abstand des KSP-Lots zum Rand der Fläche, desto geringer die Stabilität \Rightarrow Vergrößern von s_E bedeutet Vergrößerung der Stabilität. (Anm.: Im Fall rechts muß die Massenverteilung im Inneren des Quaders ungleichmäßig sein).

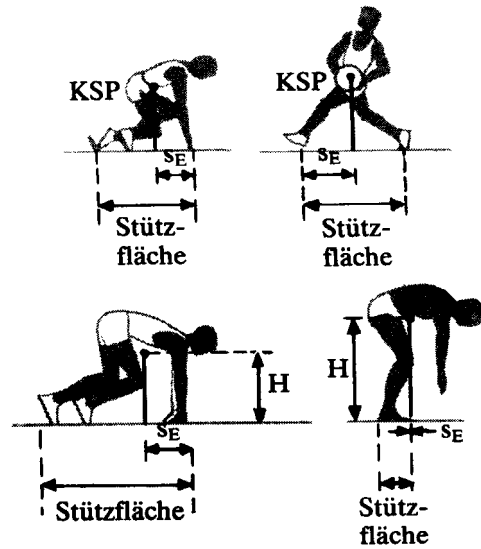


Abb. 14: Stabilität in Abhängigkeit von s_E (aus BAÜMLER/SCHNEIDER 1981, S.87)

Überprüfe nun die Richtigkeit der Antworten bei den Aufgaben 1-6.

Aufgabe 9: Abbildung 15 zeigt zwei Gabeln, die in einem Stück Kork stecken und auf einem Bleistift balancieren. In welchem Gleichgewicht befindet sich dieses System?

Aufgabe 10: Versuche, aus einem Sessel aufzustehen, ohne die Hände zu benutzen und ohne den Oberkörper nach vorne zu lehnen. Was passiert, warum passiert es?

Aufgabe 11: In Abbildung 16 sind drei Blöcke dargestellt, die an einer Schnur hängen. Überleg Dir anhand der Definitionen für stabiles, labiles und indifferentes Gleichgewicht, wie diese Gleichgewichtsarten den Fällen a) bis c) zuzuordnen sind.

Aufgabe 12: Welches Gleichgewicht kommt im Sport am häufigsten vor?

Aufgabe 13: Abbildung 17 zeigt die Auflagefläche zweier Schier und den Einstichpunkt eines Schistocks. Zeichne die Standfläche ein!

Aufgabe 14: Faß zusammen, auf welche Art und Weise man die Stabilität vergrößern kann, und gib jeweils ein Beispiel aus dem Sport dazu an.

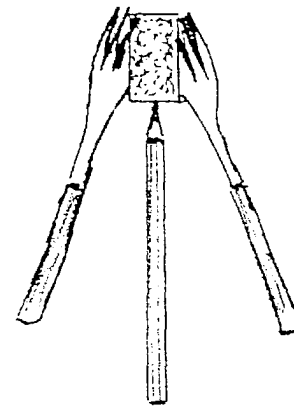
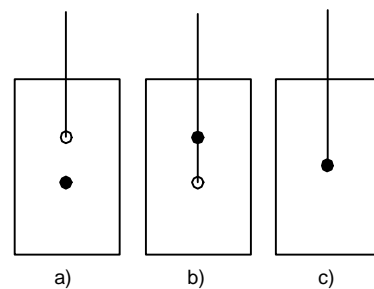


Abb. 15: zu Aufgabe 9 (aus MATHELITSCH, S.28)



● KSP
○ Aufhängepunkt

Abb. 16: zu Aufgabe 11

Literatur

BAÜMLER Günther, SCHNEIDER Klaus; *Sportmechanik*; blv 1981

DYSON Geoffry; *The Mechanics of Athletics*; Hodder and Stroughton; London 1978

MATHELITSCH Leopold; *Gleichgewicht – einige physikalische Betrachtungen*; in: *Leibesübungen – Leibeserziehung* 3/94

WILLIMCZIK Klaus; *Biomechanik der Sportarten*; Rowohlt 1989

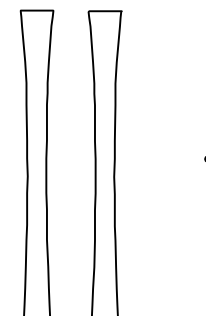


Abb. 17: zu Aufgabe 13